动 物 学 研 究 2009，Apr. 30(2): 215−220 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research DOI：10.3724/SP.J.1141.2009.02215

Bailey's 方法在生境选择研究中的应用

戎 可[1,2]，宗 诚[1]，马建章[1,*]

(1. 东北林业大学 野生动物资源学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 呼伦贝尔学院 生命科学与化学学院, 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要：使用已经发表的 4 组生境选择数据计算 Bonferroni 和 Bailey's 置信区间，以比较分析 Bailey's 方法在研究"利用－可利用型"生境选择数据时的优势。用 Bailey's 方法对 4 组数据中的两组做出了与 Bonferroni 方法不同的统计推断，特别是当 Bonferroni 方法对其中的一组数据无法对动物是否具有生境选择性做出判断时，而 Bailey's 方法却发现了差异。如同 Cherry(1996)指出的，Bonferroni 方法是基于拟合优度卡方检验的，要求大样本的独立数据，当出现小样本时会因为连续性和一致性缺失而做出错误推断。Bailey's 方法因为使用了连续性校正因子克服了这一缺陷，而且使用时无须进行拟合优度卡方检验，是一种简便可靠的生境选择数据分析方法。建议在推荐 Bailey's 方法的同时，应适当增大样本量、控制同时分析的生境类型数量，以控制分析时 I 类和 II 类的错误率。

关键词：生境选择；统计推断；Bonferroni 置信区间；Bailey's 置信区间
中图分类号：Q958.12；Q95-332 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853-(2009)02-0215-06

A Method for Analysis of Habitat Selection Data: Bailey's Interval

RONG Ke[1,2], ZONG Cheng[1], MA Jian-zhang[1,*]

(1. *College of Wildlife Resources, Northeast Forest University, Harbin* 150040, *China*;
2. *School of Life Science and Chemistry, Hulunbeier College, Hailar* 021008, *China*)

Abstract: This paper calculated the Bonferroni interval and Bailey's interval of four sets published data in order to show comparative dominance of Bailey's method in the study of "use-available" model on habitat selection of animals. Bailey's method deduced differently on two sets aforesaid data compared to Bonferroni method, one dataset of which couldn't show whether the animals made habitat selection or not in Bonferroni method's judgment. Nevertheless Bailey's method detected the variance. Cherry (1996) pointed out that the Bonferroni method of interval construction is based on a large sample approximation for a confidence interval for a single binomial proportion with the overall confidence level controlled with the Bonferroni inequality. This method will lead to a logically wrong deduction because of lacking coherence and consonance for small samples. As an alternative, Bailey's method calculates correctly with the use of a continuous correcting factor to overcome the above-mentioned limitation, furthermore a Chi-square goodness-of-fit test is undesired. We recommended Bailey's method in analyzing data of habitat selection. We also suggested that researchers should properly increase the sample size meanwhile decrease the number of type of habitats to control Type I and Type II errors.

Key words: Habitat selection; Statistical inference; Bonferroni interval; Bailey's interval

生境选择研究是野生动物生态学研究的核心命题之一(Johnson, 1980)，其结果对于明确动物的生境（食物、栖息地等）偏好，制定相应的保护和管理策略具有重要意义。包括 Logistic 回归、拟合优度卡方检验、齐性检验、一元及多元方差分析、主成分分析、判别分析、一元及多元回归、资源选择函数及选择指数等等在内的多种数据统计分析方法在研究生境选择问题时得到了不同程度使用，但其适用性和分析数据的范围及功效各不相同(Manly et al, 2002; Thomas & Taylor, 2006)。

当问题具体到动物对同一生境因子的不同类型的选择性时，Neu et al (1974) 基于资源利用率与可利用率不对称假设提出使用拟合优度卡方检验的方法，Byers et al (1984)将其完善成为基于

收稿日期：2008-11-06；接受日期：2009-01-17
基金项目：国家自然科学基金 (30470235)；内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJzy08164)
*通讯作者(Corresponding author) ：E-mail: jianzhangma@163.com
第一作者简介：戎可(1972-)，男，江苏苏州人，博士研究生，副教授，研究方向为动物生态与保护生物学，E-mail:squirrel.rong@gmail.com

Bonferroni 置信区间的 Bonferroni 方法(也称 Byer's 方法)。这是最早被应用于生境选择研究的统计检验方法，因简便易用而成为分析“利用－可利用性(use-available)”型生境选择数据时使用最为广泛的统计方法之一(Cherry, 1998; Manly et al, 2002)。但 Bonferroni 方法本身存在一个严重的逻辑缺陷，即有可能出现这样的情况：在拟合优度卡方检验拒绝无效假设(null hypothesis)“动物对生境因子没有选择性”的情况下，使用 Bonferroni 置信区间却无法找出动物对任何一种生境表现出选择性的统计学证据，未对置信区间进行连续性校正是导致这一缺陷的根源(Cherry, 1998)。实际上，Bailey 早在 1980 年就发展了 Quesenberry & Hurst (1964)和 Goodman (1965)的研究，提出 Bailey's 方法。Bailey's 方法使用了连续性校正因子，较之 Bonferroni 方法更具稳健性（robust），是分析“利用－可利用性”类型数据更为可靠的统计方法，但长期没有受到应有的重视(Bailey, 1980; Cherry, 1996; Pons et al, 2003; Thomas &Taylor, 2006; Fonseca, 2008)。

目前国内部分研究在分析“利用－可利用性”类型数据时，还没有注意到 Bailey's 方法，同样在沿用可能导致错误结论的 Bonferroni 方法(Liu et al, 2005; Trng et al, 2007)。本文通过重新分析 4 组已经发表的生境选择数据，旨在比较说明 Bailey's 方法在分析生境选择数据时的优势，同时指出使用拟合优度卡方检验时出现的问题。

1 方 法

1.1 数据来源

海南大田国家级自然保护区野猪生境选择数据引自 Teng et al (2007)，贺兰山岩羊对冬季卧息地中分类因子的利用和选择数据引自 Liu et al (2005)，凉水自然保护区松鼠对巢树的选择数据引自 Ronget al（2009），相应的“利用－可利用性”数据列于表 1—4，调查方法参见原文。原始数据经拟合优度卡方检验表明，动物对所调查的生境因子具有选择性(Liu et al, 2005;Teng et al, 2007; Rong et al, 2009)。本文使用这些数据计算 Bonferroni 置信区间和 Bailey's 置信区间以比较两种方法对动物生境选择评估的结果。

1.2 Bonferroni 置信区间和 Bailey's 置信区间的计算

本研究的计算使用 Excel2000（Microsoft）编程进行。

对于 k 种生境类型，基于选定的置信度 α，Bonferroni 置信区间(Neu et al, 1974; Byers et al, 1984)计算公式如下：

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad i=1, 2, \ldots, k$$

$$P_i^L = p_i - z_{(1-\alpha/2k)}\sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{N}}$$

$$P_i^U = p_i + z_{(1-\alpha/2k)}\sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{N}}$$

式中：n_i为利用某一生境因子的观测数，N为观测总数，P_i^L为置信区间下限，P_i^U为置信区间上限（下同）。$z_{(1-\alpha/2k)}$ 是置信度为（$1-\alpha/2k$）时的标准正态分布双尾检验临界值，本研究使用Excel程序的NORMINV()函数计算。

同样情况下，Bailey's 置信区间(Bailey, 1980; Cherry, 1996)计算公式为：

$$C = \frac{B}{4N}$$

$$p_{iL} = \frac{n_i - 1/8}{N + 1/8}$$

$$p_{iU} = \frac{n_i + 7/8}{N + 1/8}$$

$$P_i^L = \frac{\left(\sqrt{p_{iL}} - \sqrt{C(C+1-p_{iL})}\right)^2}{(C+1)^2}$$

$$P_i^U = \frac{\left(\sqrt{p_{iU}} + \sqrt{C(C+1-p_{iU})}\right)^2}{(C+1)^2}$$

式中 B 为置信度(α/k)时自由度为 1 的卡方分布单尾检验临界值，本研究使用 Excel 程序的 CHIINV()函数计算。

特别的，当$n_i \leq (N+1/8)C+1/8$，$P_i^L=0$；当$n_i=N$，$P_i^U=1$；当$n_i=0$，$P_i^L=P_i^U=0$。

使用 Bailey's 方法不需要预先进行拟合卡方检验(Cherry, 1998)。

2 结 果

野猪对每种生境类型的利用和选择的评估结果见表 1，贺兰山岩羊对冬季卧息地中坡向因子的

利用和选择评估结果见表 2，两种方法的结论一致。

使用 Bonferroni 方法推断岩羊偏好以灰榆为优势树种的卧息生境，而回避以油松、青海云杉为优势树种的生境，其他几种生境则表现为随机利用。与此结果相反，Bailey's 方法评估结果表明，岩羊随机利用全部 6 种生境，亦即岩羊对于生境的优势树种因子没有选择性（表 3）。

使用 Bonferroni 方法没有找出松鼠对巢树的偏好性，而用 Bailey's 方法则做出了松鼠偏好云杉、冷杉的推断，同时说明了在有云、冷杉出现的情况下松鼠对红松的回避反应（表 4）。

3 讨　论

3.1 Bonferroni 方法得出不同结论的原因

首先需要明确的是，使用拟合优度卡方检验法是建立在假定生境的可利用性已知的基础上的，否则 I 类统计错误出现的概率将大大超出预期的显著性水平，从而得出错误的统计推断(Chase, 1972; Thomas & Taylor, 1990)。本文分析的 4 组数据满足这一前提条件(Liu et al, 2005; Teng et al, 2007; Rong

表 1　野猪对每种生境类型的利用和选择(数据引自 Teng et al, 2007)

Tab. 1　Habitat availability and actual use by wild boar on the Hainan Island (Data from Teng et al, 2007)

生境类型 Habitat type	期望利用比例 P_w Expected proportion used (n=112)	实际利用比例 P_i Actual proportion used (n=249)	P_i的Bonferroni 95%置信区间 Bonferroni 95% confidence interval for P_i	Pi 的 Bailey's 95%置信区间 Bailey's 95% confidence interval for P_i
低平地热带草原 Dry savanna	0.165	0.265	0.191≤Pi ≤0.339 (+)	0.193≤P_i ≤0.343 (+)
落叶季雨林 Deciduous monsoon forests	0.396	0.249	0.177≤P_i ≤0.321 (–)	0.179≤P_i ≤0.326 (–)
有刺灌丛 Thorny scrubland	0.189	0.161	0.100≤P_i ≤0.222 (o)	0.103≤P_i ≤0.229 (o)
灌丛草地 Shrub grassland	0.055	0.205	0.138≤P_i ≤0.272 (+)	0.140≤P_i ≤0.278 (+)
人工草地 Cultivated grassplot	0.147	0.120	0.066≤P_i ≤0.174 (o)	0.071≤P_i ≤0.183 (o)
人工林 Cultivated woods	0.048	0.000	0.000≤P_i ≤0.000 (–)	0.000≤P_i ≤0.000 (–)

+ : 偏好选择 (observed usage is significantly higher than expected)；–: 避免选择 (observed usage is significantly lower than expected)；o: 随机利用 (observed usage in proportion to its availability)。

表 2　贺兰山岩羊对冬季卧息地中坡向因子的选择(数据引自 Liu et al, 2005)

Tab. 2　Selection of variable of slope direction in bed sites used by blue sheep in Helan Mountains during winter (Data from Liu et al, 2005)

坡向 Slope direction	期望利用比例 P_w Expected proportion used (n=50)	实际利用比例 P_i Actual proportion used (n=94)	Pi 的 Bonferroni 95%置信区间 Bonferroni 95% confidence interval for P_i	P_i的Bailey's 95%置信区间 Bailey's 95% confidence interval for P_i
阳坡 Sunny slope	0.340	0.606	0.485≤P_i ≤0.727 (+)	0.473≤P_i ≤0.721 (+)
半阳坡和半阴坡 Half sunny and half shady slope	0.320	0.234	0.129≤P_i ≤0.339 (o)	0.135≤P_i ≤0.351 (o)
阴坡 Shady slope	0.340	0.160	0.069≤P_i ≤0.251 (–)	0.078≤P_i ≤0.267 (–)

+ : 偏好选择 (observed usage is significantly higher than expected); –: 避免选择 (observed usage is significantly lower than expected); o: 随机利用 (observed usage in proportion to its availability)。

表 3 贺兰山岩羊对冬季卧息地中优势乔木因子的选择(数据引自 Liu et al, 2005)

Tab. 3　Selection of dominant tree in bed sites used by blue sheep in Helan Mountains during winter (Data from Liu et al, 2005)

优势乔木 Dominant tree	期望利用比例 P_w Expected proportion used (n=50)	实际利用比例 P_i Actual proportion used (n=94)	P_i的Bonferroni 95%置信区间 Bonferroni 95% confidence interval for P_i	P_i的Bailey's 95%置信区间 Bailey's 95% confidence interval for P_i
灰榆 *Ulmus glaucescens*	0.300	0.436	0.301≤P_i ≤0.571 (+)	0.297≤P_i ≤0.572 (o)
杜松 *Juniperus rigida*	0.060	0.053	0.000≤P_i ≤0.114 (o)	0.008≤P_i ≤0.141 (o)
油松 *Pinus tabulaeformis*	0.140	0.064	0.000≤P_i ≤0.131 (–)	0.013≤P_i ≤0.156 (o)
青海云杉 *Picea crassifolia*	0.140	0.053	0.000≤P_i ≤0.114 (–)	0.008≤P_i ≤0.141 (o)
混合型 Mixture	0.140	0.191	0.084≤P_i ≤0.298 (o)	0.094≤P_i ≤0.314 (o)
无树 No tree	0.220	0.202	0.093≤P_i ≤0.311 (o)	0.102≤P_i ≤0.326 (o)

+ : 偏好选择 (observed usage is significantly higher than expected); –: 避免选择 (observed usage is significantly lower than expected)；o: 随机利用 (observed usage in proportion to its availability)。

表 4 凉水自然保护区松鼠巢树的选择与利用(数据引自 Rong et al, 2009)

Tab. 4 Nest tree availability and actual use by Sciurus vulgaris in Liangshui Nature Reserve

(Data from Rong et al, 2009)

巢树树种 Nest tree species	期望利用比例 P_w Expected proportion used (n=230)	实际利用比例 $P_i i$ Actual proportion used (n=107)	P_i的Bonferroni 95%置信区间 Bonferroni 95% confidence interval for P_i	P_i的Bailey's 95%置信区间 Bailey's 95% confidence interval for P_i
红松 *Pinus koraiensis*	0.717	0.598	$0.473 \le P_i \le 0.723$ (o)	$0.460 \le P_i \le 0.716$ (–)
落叶松 *Larix*	0.022	0.019	$0.000 \le P_i \le 0.054$ (o)	$0.000 \le P_i \le 0.082$ (o)
云杉 *Picea*	0.091	0.187	$0.088 \le P_i \le 0.286$ (o)	$0.096 \le P_i \le 0.300$ (+)
臭冷杉 *Abies nephrolepis*	0.100	0.196	$0.095 \le P_i \le 0.297$ (o)	$0.103 \le P_i \le 0.311$ (+)
桦树 *Betulla*	0.057	0.000	$0.000 \le P_i \le 0.000$ (–)	$0.000 \le P_i\ i \le 0.000$ (–)
毛赤杨 *Alnus hirsute*	0.013	0.000	$0.000 \le P_i \le 0.000$ (–)	$0.000 \le P_i \le 0.000$ (–)

+ : 偏好选择 (observed usage is significantly higher than expected); –: 避免选择 (observed usage is significantly lower than expected); o:随机利用 (observed usage in proportion to its availability)。

et al, 2009)。

在满足（1) 各观测数据互相间独立；(2)大样本的前提条件下，Bonferroni方法先对利用－可利用性数据进行拟合优度卡方检验，如果无效假设（即动物对生境无选择性）被拒绝，表明动物对研究的生境类型具有选择性，随后需要分别计算每个生境类型的Bonferroni置信区间，以推断动物对不同生境类型的选择或回避特征。一个用于确定是否大样本的经验法则是对于任何一个生境类型的预期观测数都应≥5，或者NP_i及N($1\text{-}P_i$)均应≥5（N为观察总数，P_i为某一生境占全部生境的比例）(Cherry, 1996)。Alldredge & Ratti (1986)指出，在生境可用性已知的前提下，至少要 20 个动物个体的 50 次观测才能保护足够的统计功效。样本过小将导致II类错误率升高(Thomas &Taylor, 1990)。本文分析的 4 组数据的采样方法能够保证数据的独立性(Liu et al, 2005; Teng et al, 2007; Rong et al, 2009)。

在我们的 4 个例子中，前两个满足大样本条件，Bonferroni方法和Bailey's 方法作出了相同的推断，而且两者的置信区间也没有表现出太大的差别（表 1，2）。后两个例子则在卡方检验均显著的情况下得出了基本相反的结论（表 3，4），特别是在松鼠对巢树选择的例子中 Bonferroni 方法无法推断松鼠选择或回避哪种巢树。实际上，后两个例子并不满足大样本条件，此时的卡方检验结果是不可靠和值得怀疑的。在这种情况下使用拟合优度卡方检验并不适合，使用 Bonferroni 方法得出的结论是不可靠的。

3.2 是否需要进行拟合优度卡方检验

Bonferroni 方法是建立在这样一个无效假设上，即“动物使用不同生境类型的比例与可利用生境类型的组成比例一致”(Neu et al, 1974; Byers et al, 1984; Thomas & Taylor, 1990; 2006)。基于这一假设的推断不可避免地要使用统计检验的方法，而小样本连续性和一致性不足将导致错误统计结果的出现(Cherry, 1998)。半个多世纪以来，包括参数检验(parametric test) 和非参数检验(nonparametric test)在内的无效假设检验 (null-hypothesis significance testing, NHST)在诸多的学科领域饱受争议(Yates, 1951; Cohen, 1994; Cherry, 1998; Johnson, 1999; Anderson et al, 2000; Colegrave & Ruxton, 2003; Fidler et al, 2006)。其根本原因在于，参数检验方法是为严格控制的实验研究发展的，不同的检验类型各有严格的前提和假设，而这些假设在生态学、心理学、教育学等领域是无法得到真正满足，这就必然导致出现错误推断(Cherry, 1998; Johnson, 1999; Fidler et al, 2006)。正因为如此，在分析“利用－可利用”类型数据时进行拟合优度卡方检验也可能是不可靠的，因此也是不必进行的(Cherry, 1998; Thomas & Taylor, 2006)。

3.3 使用 Bailey's 方法的可靠性

Bayesian 方法和信息论方法为解决生态学研究面临的统计检验困境提供了很好的途径，而且相应的计算软件也在不断完善和发展(Paul, 2000; Guthery et al, 2005; Peter, 2005)，但是广大研究者学习、理解和广泛应用这些方法还有很长一段路要走(Fidler et al, 2006)。作为暂时的替代，使用置信区间方法对研究结果进行分析，可以很好地帮助研究者理解收集的数据，更好地讨论科学问题，具有较为普遍的适用性(Colegrave & Ruxton, 2003; Hou et

al, 2003; di Stefano, 2004; Fidler et al, 2004b)。美国心理学会(American Psychological Association, APA)直接指出：置信区间是报道研究结果的最佳策略 (APA, 2001)，在医药学、教育学和生态学领域也逐渐达成这样的共识(Fidler et al, 2004a; Fidler et al, 2006)。

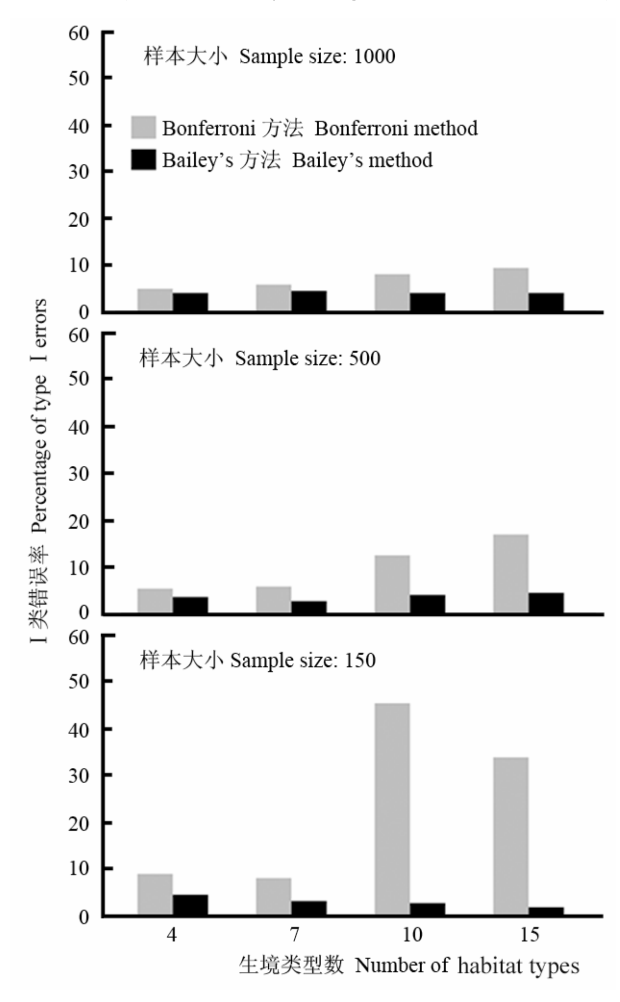


图 1 1000 次模拟中两种统计方法的 I 类错误率 [数据引自 Cherry(1996)]

Fig. 1 Percentage of Type I errors for 2 statistical methods of habitat selection analysis in 1000 simulations [Data taken from Cherry(1996)]

Bonferroni 方法和 Bailey’s 方法都计算置信区间，但两者的可靠性有很大的差异。Cherry (1996)使用不同数量生境类型和不同样本大小的模拟数据比较分析了两种方法的推断结果，结果表明 Bailey’s 方法的 I 类错误率低于 5%，而 Bonferroni 方法却大大高于 5%，特别是在小样本的情况下（图 1）。在一项生境类型数为 10，样本容量为 150 的模拟中，Bonferroni 方法的错误率竟高达 45.3%，而同样情况下 Bailey’s 方法的错误率仅为 2.5%。事实上，当动物对不同生境类型的利用率与生境类型的比率相关时，Bonferroni 方法对生境选择的推断将是错误的(Alldredge & Ratti, 1986)。Bailey’s 方法则不存在这一问题，且在不影响统计功效的前提下对小样本不敏感(Cherry, 1996)。因此，在分析“利用－可利用性”类型数据时，Bailey’s 方法是一个简便且更为可靠的方法。

最后需要说明的是，尽管没有超过 95%的置信限，但 Bailey’s 方法的 I 类错误率仍然随着样本量的上升而减少，随着不同生境类型数量的增多而增加(Cherry, 1996)。实验设计时，应适当增大调查样本量，限制同时考察的生境类型数量(Alldredge & Ratti, 1986)。当生境类型过于复杂时（例如>10 种），应考虑其他适当的分析方法(Thomas & Taylor, 2006)。

致谢：感谢东北林业大学刘振生博士、滕丽微博士对本文初稿的审阅和富有建设性的意见。

参考文献：

Alldredge JR, Ratti JT. 1986. Comparison of some statistical techniques for analysis of resource selection [J]. *J Wildl Manage*, **50**(1): 157-165.

Anderson DR, Burnham KP, Thompson WL. 2000. Null hypothesis testing: Problems, prevalence, and an alternative [J]. *J Wildl Manage*, **64**(4): 912-923.

APA. 2001. Publication Anual of the American Psychological Association [M]. Washington, DC: Aamerican Psychological Association.

Bailey BJR. 1980. Large sample simultaneous confidence intervals for the multinomial probabilities based on transformation of the cell frequencies [J]. *Technometrics*, **22**: 583-589.

Byers CR, Steinhorst RK, Krausman PR. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data [J]. *J Wildl Manage*, **48**(3): 1050-1053.

Chase GR. 1972. On the Chi-square test when the parameters are estimated independently of the sample [J]. *J Am Statist Assoc*, **67**(339): 609-611.

Cherry S. 1996. A comparison of confidence interval methods for habitat use-availability studies [J]. *J Wildl Manage*, **60**(3): 653-658.

Cherry S. 1998. Statistical tests in publications of The Wildlife Society [J]. *Wildl Soc Bull*, **26**(4): 947-953.

Cohen J. 1994. The earth is round (P<0.05) [J]. *Am Psychol*, **49**(12): 997-1003.

Colegrave N, Ruxton GD. 2003. Confidence intervals are a more useful complement to nonsignificant tests than are power calculations [J]. *Behav Ecol*, **14**(3): 446-447.

Di Stefano J. 2004. A confidence interval approach to data analysis [J]. *Forest Ecol Manage*, **187**(2-3): 173-183.

Fidler F, Geoff C, Mark B, Neil T. 2004a. Statistical reform in medicine, psychology and ecology [J]. *J Socio-Econom*, **33**(5): 615-630.

Fidler F, Thomason N, Cumming G, Finch S, Leeman, J. 2004b. Editors can lead researchers to confidence intervals, but can't make them think [J]. *Psychol Sci*, **15**(2): 119-126.

Fidler F, Burgman MA, Cumming G, Buttrose R, Thomason N. 2006. Impact of criticism of null-hypothesis significance testing on statistical reporting practices in conservation biology [J]. *Conser Biol*, **20**(5): 1539-1544.

Fonseca C. 2008. Winter habitat selection by wild boar *Sus scrofa* in southeastern Poland [J]. *EurJ Wildl Res*, **54**(2): 361-366.

Goodman LA. 1965. On simultaneous confidence intervals for multinomial proportions [J]. *Technometrics*, **7**: 247-254.

Guthery FS, Brennan LA, Peterson MJ, Lusk JJ. 2005. Information theory in wildlife science: Critique and viewpoint [J]. *J Wildl Manage*, **69**(2): 457-465.

Hou CD, Chiang J, Tai JJ. 2003. A family of simultaneous confidence intervals for multinomial proportions [J]. *Comput Statist Data Anal*, **43**(1): 29-45.

Johnson DH. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference [J]. *Ecology*, **61**(1): 65-71.

Johnson DH. 1999. The insignificance of statistical significance testing [J]. *J Wildl Manage*, **63**(3): 763-772.

Liu ZS, Cao LR, Wang XM, Li T, Li, ZG. 2005. Winter bed-site selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan Mountains, Ningxia, China [J]. *Acta Theriol Sin*, **25**(1): 1-8. [刘振生, 曹丽荣, 王小明, 李 涛, 李志刚. 2005. 贺兰山岩羊冬季对卧息地的选择. 兽类学报, **25**(1): 1-8.]

Manly BFJ, McDonald LL, Thomas DL, McDonald TL, Erickson WP. 2002. Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies [M]. New York.: Kluwer Academic Publishers.

Neu CW, Byers CR, Peek JM. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data [J]. *J Wildl Manage*, **38**(3): 541-545.

Paul RW. 2000. Bayesian methods in conservation biology [J]. *Conserv Biol*, **14**(5): 1308-1316.

Peter RK. 2005. An alternative to null-hypothesis significance tests [J]. *Psychol Sci*, **16**(5): 345-353.

Pons P, Lamber B, Rigolot E, Prodon R. 2003. The effects of grassland management using fire on habitat occupancy and conservation of birds in a mosaic landscape [J]. *Biodivers Conserv*, **12**(9): 1843-1860.

Quesenberry CP, Hurst DC. 1964. Large sample confidence intervals for multinomial proportions [J]. *Technometrics*, **6**: 191-195.

Rong K , Ma JZ, Zong C. 2009. Nest-site selection by the eurasian red squirrels in liangshui nature reserve [J]. *Acta Theriol Sin*, **29**(1): 112-119.［戎 可, 马建章, 宗 诚. 2009. 凉水自然保护区松鼠巢址选择的特征. 兽类学报, **29**(1): 112-119.］

Teng LW, Liu ZS, Song YL, Zeng ZG. 2007. Habitat selection of wild boar (*Sus scrofa*) in hainan datian reserve [J]. *Chn J Zool*, **42**(1): 1-7. [滕丽微, 刘振生, 宋延龄, 曾治高. 2007. 海南大田自然保护区野猪的生境选择. 动物学杂志, **42**(1): 1-7.]

Thomas DL, Taylor EJ. 1990. Study designs and tests for comparing resource use and availability [J]. *J Wildl Manage*, **54**(2): 322-330.

Thomas DL, Taylor EJ. 2006. Study designs and tests for comparing resource use and availability II [J]. *J Wildl Manage*, **70**(2): 324-336.

Yates F. 1951. The influence of statistical methods for research workers on the development of the science of statistics [J]. *J Am Statist Assoc*, **46**: 19-34.